ものづくりと安全知の発信
～グローバル化と安全・国際競争力(MSDP1)
Globalization and international competitiveness on safety of machinery

加部　隆史　（NPO 安全工学研究所）
Takashi Kabe, NPO Safety Engineering Laboratory

1.　はじめに

昨今の世界的な経済・財政状況は回復軌道にありながらも、東日本大震災の影響も加わり予断を許さない状況が続いている。この 20 年の間、急速なグローバル化が進み、ICT 産業の技術進化に伴い、産業構造は多様化・加速化しており、多くの人達がその動態に戸惑いを感じています。

産業構造は、自動車産業に代表されるクローズ・フルセット・垂直統合型に加え、ICT 産業にみられるオープン・モジュール化が顕著になり、日本の得意とした、擦り合わせ技術によるものづくりの先行きに必ずしも確信を持てない状況になってる。それに伴い、ものづくりの現場は高コスト体質の日本から近隣アジア諸国等へシフトしており、産業空洞化の問題も顕著化している。

アメリカの戦略的・継続的なイノベーション政策と並び、欧州では EU の科学技術政策の一環として Framework Program 7 が、2007 に開始され凡そ６兆円（日本の約６倍）の予算が計上され、製品・サービス・社会制度などについての標準化作業が実施され、それには BRICS 諸国もこのオープンイノベーションへ参加している。

世界のトップクラスにあった一人当たりの日本の GDP は、今日 OECD 諸国或いは EU 諸国の平均を下回り、スイスの経済研究所 IMD 発表の競争力ランキングでは 2010 年に第 27 位へ転落している。社会福祉の充実と向上を図るには、これらグローバルか、低炭素化、少子高齢化といった世の中の流れに応じ、あらたな視点から産学官によるイノベーションの推進は必要条件となる。

事故の要因となる危険源を設計段階で事前に処理するという安全の概念と方法論を適用しようとしても、日本では新たな設備投資が凍結し、モノづくりの現場が空洞化してきていなかで、あらたな適用を考える必要性が出てきている。日本は、製造業の GDP に占める割合は現在 2 割程度で、7 割以上が第三次産業のサービス業となっている。

そこで、新たに多様化する顧客満足を満たす為、サービスの概念に注目し、日本機械学会産業・化学機械と安全部門で昨年 4 月に図 1 に示す概念を基に、Safety Service Engineering(SSE)研究会を立ち上げ、これまで定期的に研究会を重ねてきた。当研究会では、サービスを基軸とした新たな概念の創出に挑むと共に、安全を設計論の一部とみなし、設計のフロントローディングを実施し、機械の全ライフサイクルを通し顧客満足を得るためには、設計段階における安全の暗黙知から形式知への転換による知識化を重要とみなしそれにより実践する
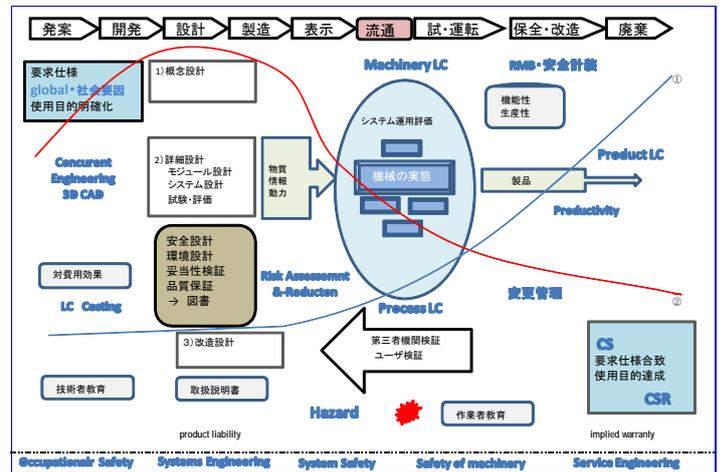
図１．SSE 概念図

ことでコスト高になるという概念を払拭し、経済効果が生まれることを事例研究等により検証してきている。これら、安全の新たな概念と方法論を生み出すことにより、日本発のものづくりと安全知の世界への発信を目指している。本年 7 月に開催される安全工学シンポジウムは日本機械学会が幹事学会を務め、その他の日本機械学会の行事として 6 月には講習会、9 月の年次大会、11 月の部門研究講演発表会等でも、SSE 研究会の成果を発表してゆく。

どこまでやれば安全かという安全目標は、明確に定められておらず、その為<新産業としてのサービスロボットにおける安全設計の妥当性判断基準>につき、日本機械学会の学会基準を策定すべく、2011 年 4 月に原案作成委員会が招聘され、作業を開始した。

2.　安全工学シンポジウム

安全工学シンポジウム 2011 では、グローバル化と安全を主題とし、ものづくりと安全知の発信につき、計学者、工学者、医学者による以下のパネル・ディスカッションが行われた。主な論点を以下に示す。

東京大学大学院経済学研究科、藤本隆宏教授：人工物複雑化とものづくりと題する特別講演で、藤本は日本での産業のこれからにつき、多くの悲観論が聞かれるが、理解できない、とのべ、日本の国際競争力を支えてきたしぶとい現場と組織力及び顧客要求の高度化に伴う設計による付加価値を与えたものづくりで、それにより図2. にある能力構築競争の前提が
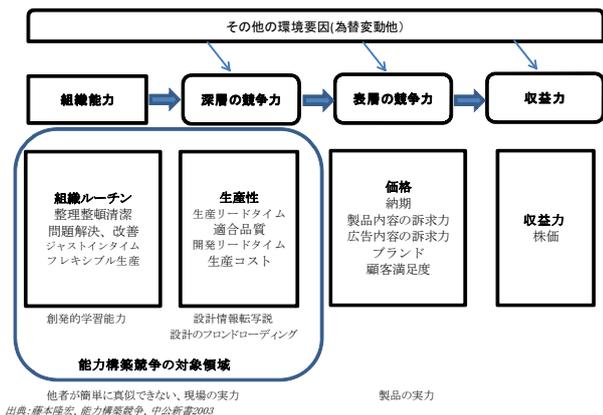
図2. 能力構築競争(藤本)

満たされ、それにより図3. のモジュラー・オープン型のコスト競争に対し差別化するにより、日本人は充分に生活できると説明した。但し、その為には明確な目標が示されなければならない。フロントローディングによる良い設計で顧客満足を達成し、貿易と経営の困難な課題を克服し、付加価値を生み出すところは空洞化対策として国内に残す必要がある。
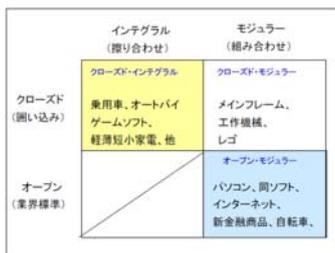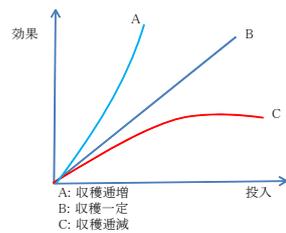
図3. 産業アーキテクチャ論　　　図4. 収穫逓増

加部隆史、NPO 安全工学研究所（PD 座長）：グローバル化と安全～ものづくりと安全知の発信
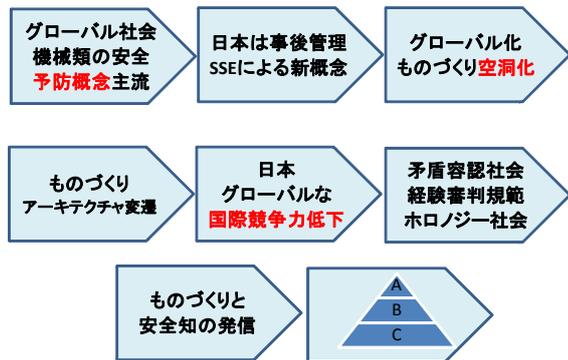
図5. パネルディスカッションの背景・主旨

藤本の特別講演を受けて、先ず、図4. に基づき今回のパネル・ディスカッションの背景と主旨説明がされ、日本のものづくりは健在であるという事を、安全を踏まえ各パネラーから講演してもらう事にした。
急速なグローバル化、標準化等による日本の国際的地位の下落データのあと、産業構造として日本は図5. に示す依然従来の垂直統合型に依存している為、世界シェアを獲得できないでいる。その為、新たな産業アーキテクチャに基づく情報通信産業などにおいては、図 3 で示す急成長分野での A.収穫逓増の恩恵に浴していない。では、如何に安全知を発信できるか？
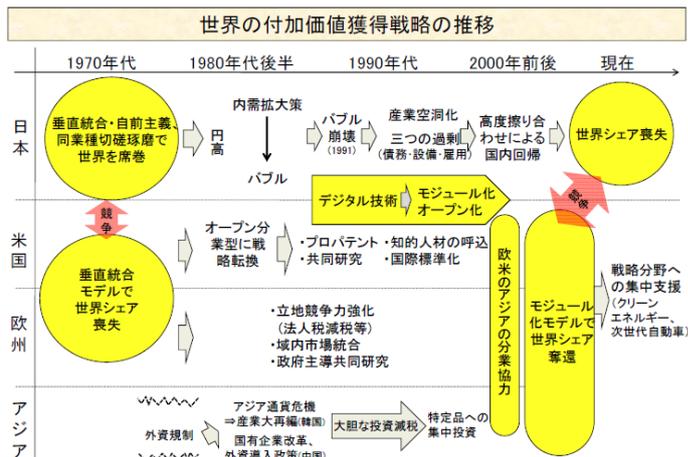
図6. 世界の付加価値獲得戦略(METI2010.06)

大富浩一、東芝研究開発センター：
ものづくり・日本発の実践手法～ICT 産業を中心に—ID-CAE が拓くものづくりと人づくりの世界

グローバル化に伴い設計作業も海外移転するが、知識の結集であり、設計者の頭の中にある概念設計は日本に残る。そしてこの工程で、日本の強みを生かし、独自性・独創性を発揮し、機能設計と配置設計を含めここを見える化することをものづくりの ID-CAE と呼ぶ。

リスク低減もこの段階で達成し、付加価値を生み出す。これらの作業を今後ツール化する予定。但し、いくら良いものでも、これらは人が使うものであり、人間が気づくことが大切な為、ひとづくりの為のエンジニアの育成が不可欠となる。本来これらの考え方は、大学のデザイン教育に導入されるべきである。

原陽一郎、経営学者、長岡大学学長：国際競争力とは何か？

我が国が目指すべき国の姿として、第 2 期科学技術基本計画では、1. 智の創造と活用により世界に貢献できる国　2. 国際競争力があり持続的発展が出来る国　3. 安心・安全で質の高い生活の出来る国をあげている。そして安心・安全社会の為のコストを負担する為には、健全な経済開発・イノベーションが必要不可欠となる。そして毎年 2%の経済成長が達成されれば、日本は生活が成り立つ。

日本は高度化対応のプロダクト・イノベーションで既存企業型のハードでは強いが、元々コスト競争力が強みではない為、どのイノベーション戦略を選択するかが問われてくる。総体的にビジョン・ドリブン型の半導体産業よりも、自動車や工作機械に代表されるテクノロジー・プッシュ型或いはデ
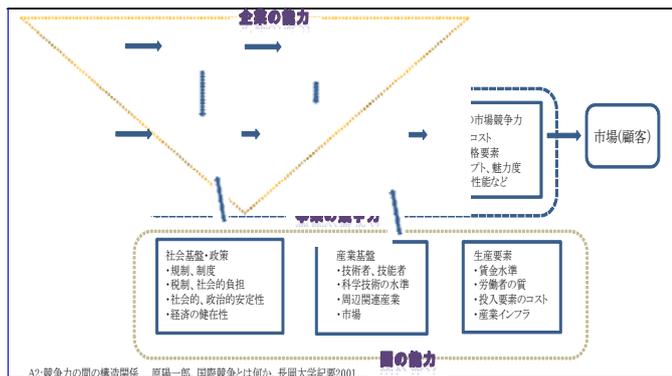
図6.　国際競争力

マンド・プル型等が強い。ビジョン・ドリブン型は日本で弱いが、これを強くするためには、ベンチャー企業育成をしっかりやる事が求められる。

国際競争力を支える要素として、図6. が示す通り、1. 企業の能力　2. 事業の競争力　3. 国の能力があり、これらの均衡が必要とされ、この基本概念をどう実践できるかが問われて来る。

松岡猛、宇都宮大学大学院工学研究科教授：安全・安心社会を実現するための工学の役割とその制度

高度、複雑、巨大化した各種工学システムは利便性と同時に危険を内在しており、これら機械システムと自然のもたらす脅威をいかに取り除くかが、工学の重大な役割と言える。安全は、工学としての技術のみならず、人間的・組織的・社気的側面を含めて抽象化、体系化し安全の理念さらには安全学を構築していく必要がある。安全を達成するには、リスク概念に基づき、個々の事象に応じた安全目標の設定が必要とされる。

杉本旭。明治大学理工学部教授：安全の責任とその達成の為の方法論

日本のものづくりは迷走しているが、グローバルな安全に関するルールが規格体系により定められている。設計者は、危険を人に委ねることは出来ないという観点から最高レベルの能力を尽くし、その限界を超えたところで事故が起きる。利便性を確保する為にaccident論が成立していれば、犯人探しとならない。例えば近年のスイス氷河鉄道で死亡事故が起きたにもかかわらず、数日後には運転再開が許可され、利便性がいち早く保たれている。

日本製の洗濯機が何年か前に突然、国際規格に不適合との事から輸出出来なくなったが、本来グローバルなルールに則らず、外貨を稼げないものは作るべきではない。失敗学では手遅れの為、事前に機械設計の段階で安全を確保することが必要とされる。
安全を確認して運転し、運転許可を与える安全を積極的に作り出す制御を積極的安全と位置付け、これにより欧米では機械の稼働率が向上し、日本の消極的安全と対峙している。

佐田守弘、元味の素：食品機械のものづくりの基本—食品機械の衛生安全性能

食品衛生法では腐敗変敗と食中毒菌汚染及び有害物質や異物混入を危害とし、それを防止するには、食品機械の運転終了後の洗浄と定期的保全が必要となる。とりわけ洗浄法として主流となってきたCIP (Cleaning In Place)では、洗浄の死角があり、それは設備の計画・設計時、制作と設置時、日常の保全においてバリデーションで定めたCIP 条件の確認と記録が求められる。

安全な設計手法はRBA(Risk Based Approach)であり、その基本はISO12100で定められており、食品機械はこの機械安全と衛生安全の双方の要求を満たして、初めて達成される。

設計段階での追加費用に比べ、完成後の改造費用は10倍、事故が起きた際の補償費用は100倍と言われている。それ故、安全に係わる技術は、守りの技術でなく、攻めの技術である。

篠原和彦、東京工科大学医療保健学部臨床工学科教授：医療におけるものづくりと安全知の発信

米国医療では絶対的・全能的父親としての医師に全てを任せるという父権主義(Paternalism)が主流であったが、医療従事者毎の価値観に基づいた患者説明が行われ、インフォームドコンセントという形で体系化された。これは杉本が言う、機械安全分野におけるMastership からStewardship への転換と同じ現象である。

先端治療機器においては、その機器で安全性が保たれていても、外科医の技能が不可欠となる。手術中に外科医が危険を察知した際には、直ぐに止める仕組みになっている。日本ではロボット等最先端の医療機器が、国内の複雑で時間がかかる治検システムにより、製造者が積極的に開発しないという問題がある。内視鏡外科手術ロボット等は日本で1990年から取り組んでいたが、実用化出来ずに、アメリカは5年で実用化した。

2011年3月の東日本大震災により、ライフラインと物流の障害は、先進医療機器に依存する医療システムにも甚大な被害を及ぼした。医療機関における自家発電装置は、単に一時的な対応策でしかなく、しかも装置への急流供給体制が前提となる。被災地並びに被災地以外でも計画停電時には通常診療が困難になるという事態が発生し、これまで検討されることが少なかった大規模災害時の先進医療システムの安全性と安定性についての早急な検証と対応、社会へのリスク開示の必要性が判明した。

3. グローバル化と矛盾容認社会

安全工学シンポジウム2011において、この表題は提示されたものの、議論はそこまでたどり着かなかった。しかしながら、あるべき安全の概念とそれをものづくりに反映させ、かつ日本から発信する為には、それに必要な具備要件が整備されなければ効果が出てこない。その際に、社会制度を支える日本の世界観につき、考慮することが求められる。

機械安全或いはRBAの体系は、大方欧米の設計論に基づい

ている。その典型は、市川惇信が「暴走するが科学技術文明」岩波書店、2000年で提示している、日本は閉鎖的、タテ型のウチ社会で一神教が社会に浸透しなかった極めてまれな社会で、日本社会の歴史は、外来の諸制度を柔軟に受容しながら社会全体として決して受容しなかった、という表現に集約されうる。日本社会は矛盾世界観をもち矛盾の存在を容認する社会であり、矛盾容認社会では、社会全体に適用されるべき普遍手的な行動規範の体系は存在しない、そして普遍規範に対して個人として向き合い責任を負うという形にならない、としている。又、矛盾を容認する日本社会において近代科学は発生しないという。日本は、対立の回避をはじめとして、人間関係を規定する内部規範社会であり、国内では通用するものが、国外では普遍規範を持たない為に通用しない。

それに対し、普遍規範を持つ戒律社会（例えばイスラム教）及び審判社会（例えばキリスト教を基盤に持つ欧米先進工業国）は、個人が社会の普遍規範である正義に従うことにより、集団が統合されている。機械安全の階層的A-B-C体系はこの典型と言える。この相違を図7に示す。
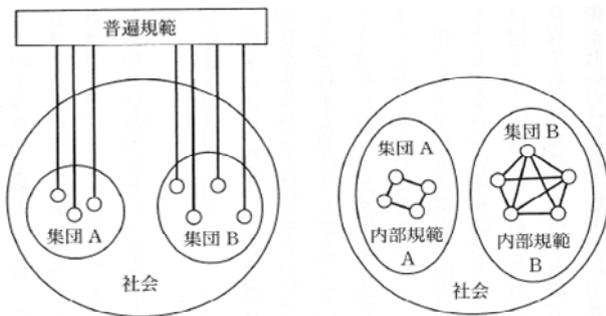
図7. 普遍規範社会vs.内部規範社会（市川）

グローバル化の中で規制の強い国は敬遠され、日本は外圧により国（規制緩和）、企業（年功序列・終身雇用の解体）、家族（しつけの崩壊）が解放されてきているが、日本の現在の行動規範に関する書が無い事、つまり教育の原点が無い事を指摘している。

そして、市川はウチ社会の欠点は多々あるものの、これまでの日本の近代化の成功を鑑み、普遍的な体系という欧米の行動規範が、そのまま日本では受容されない事から、経験的審判社会を提案している。それが、果たしてそして如何にして達成可能であるかは、これからの課題となる。

安全工学シンポジウムの直前に行われたSSE研究会有志による合宿において、本題は議論された。そのなかで、普遍規範というものがそもそも存在するのか、普遍規範の典型であるEUは、それ自体がそもそも内部規範社会の典型でないか、戦勝国が常に正義であるという概念について、等の意見が出て、今後もこれらの点につき、継続議論が必要であると認識された。

論点は、日本は近代化の過程において、常に外国から国の制度や科学技術を導入し、日本でそれなりにそれを加工して適用してきた。これまでの日本の近代化の成功と、とりわけ近年の失われた20年の後のゆく先を、世界に対し何をもってどのように日本発により支えてゆくかという事になる。

普遍規範を持つ国が主導権を握る国際標準化作業は、典型的な普遍規範社会の動きだが、図6. で示した世界の付加価値獲得戦略において、日本の弱点として明示されている。安全の体系はこの流れに則っている為、この分野での安全に係わる日本発をどうするかが、問題となる。

事故調査においても、日本は犯人探しを優先するが、欧米のリスクベース社会では、杉本が言うように　accident 論に基づき、事前の予防概念の適用と万が一の事故の際の補償が成立している為、事故の原因を調査し、それを設計にフィードバックさせる様に、日本と普遍木へん社会においては調査方法が異なってくる。いくら安全のRBA概念を広めようとしても、こちらの責任論が整理されないと、実質的にRBAは機能しないことになる。

4. おわりに

急速に進むグローバル化の中でモノづくりと安全知を発信するという事は、これまでの議論を基に、誰が何をどのように策定するかに係わってくる。

知識社会の現在、世界のどの分野で、どのように付加価値を獲得できるかが問われている。それを可能にするには、グローバルの現状を見据えたイノベーション戦略が必要となり、それには産学官のこれまでとは異なる連携が必要で、時空間とものづくりの設計プロセスにおける日本でのリスクベースド・アプローチの新たな定義付けが必要とされる。

ものづくりの設計論やそのライフサイクルに亘る管理という内部要因に加え、安全・安心以外に少子高齢化・低炭素化・エネルギーシフト等の外乱要因が加わり、それを事前の設計段階で適切に処理することは、これらの知識の最適化と動意語となってくる。

個別の検証は更に継続する必要があるが、SSE に係わるこれまでの知見を纏めると、以下の通りとなる：

ー世の中はMastershipからStewardshipへ転換している
ー顧客満足度を事前にとらえ、概念設計へ織り込み
ー積極的安全を実践する為、攻めの安全を事前に行い
ー全ライフサイクルに亘る適切な管理を行い
ー暗黙知としての設計ノウハウを形式化し
ーこれらを運用し知識化する人の教育が重要となる
ー内部規範社会である日本の行動規範の明示化

これらの要素を満たすことにより、グローバルに発信できる必要条件を揃えて行く事となる。

福島原発震災により、原子力発電に関する安全神話は完全に破たんをきたし、人が制御できない科学技術の問題点が露呈された。安全・安心を担保する事前の予防概念の徹底と、それを制度的に取組む為の議論を今後も重ねてゆきたい。

それ故、本稿をグローバル化と安全・国際競争力〜物くくりと安全知の発信のディスカッション・ペーパー（MSDP1）と位置づけ、今後の議論のたたき台としたい。